

**IMPLEMENTACIÓN DE FÓRMULA A BASE DE CAUCHO DE LLANTA EN LOS
DISTINTOS PRODUCTOS DE LA EMPRESA PREFABRICADOS EN CONCRETO
DOSOSPINAS**

Estudiante
Jhonathan Darío Ochmann Rivas

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA MECANICA
PEREIRA RISARALDA

2018

**IMPLEMENTACIÓN DE FÓRMULA A BASE DE CAUCHO DE LLANTA EN LOS
DISTINTOS PRODUCTOS DE LA EMPRESA PREFABRICADOS EN CONCRETO
DOSOSPINAS**

Estudiante
Jhonathan Darío Ochmann Rivas

Director de trabajo de grado
PhD. José Luis Trisancho

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA
PEREIRA RISARALDA
2018

AGRADECIMIENTOS

A Dios por guiar al camino correcto y brindar la sabiduría necesaria para afrontar este arduo proceso de formación.

A mis familiares en general que siempre respaldaron y brindaron sus palabras de aliento para salir exitoso en este proyecto de vida.

A la universidad por aceptar ser parte de ella y abrir las puertas académicas para poder estudiar esta carrera, así como a los diferentes docentes que brindaros su conocimiento y apoyo para seguir adelante día a día.

En especial A la empresa PREFABRICADOS EN CONCRETO DOSOSPINAS a cargo del gerente EVELIO OSPINA MARIN, por permitir el acceso a sus instalaciones para las realizaciones de este proyecto y ser parte de la familia DOSOSPINAS por su ayuda constante, consejos y recomendaciones para el desarrollo de la investigación del trabajo de grado, vida profesional y personal.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION	1
OBJETIVO	1
ALCANCE	1
GLOSARIO	1
METODOLOGÍA	2
MATERIALES Y CONCEPTOS A UTILIZAR	2
CEMENTO.....	2
AGUA	3
TRITURADO DE LLANTA.....	3
ÁRIDOS	4
MÁQUINAS Y MOLDES	5
FRAGUADO	9
CURADO Y ESTIBADO	10
ANÁLISIS PREVIO A MATERIAS PRIMAS PARA AGREGADOS FINOS Y GRUESOS	11
ENSAYO GRANULOMETRICO DE ARENA FINA Y GRUESA.	12
ENSAYO DE IMPUREZAS INORGÁNICAS EN LA ARENA PARA CONCRETO	16
ENSAYO DE IMPUREZAS ORGÁNICAS PRESENTES EN LA ARENA	17
ASENTAMIENTO.....	18
APISIONADO	19
MEDICIÓN DE ASENTAMIENTO	20
Prueba de resistencia para la muestra.	21
CONDICIONES DE MUESTREO Y CURADO.	22
ESTADO FRESCO	23
PROPORCIONES DE LA MEZCLA	25
MEZCLAS O DOSIFICACIONES CON CAUCHO DE LLANTA	26
ANÁLISIS DE RESULTADOS	30
CONCLUSIONES APORTES Y RECOMENDACIONES	39
BIBLIOGRAFÍA	43

INTRODUCCION

La gran problemática que vive Colombia con los desechos de llantas en las distintas ciudades, sumada a las problemáticas de disposición final de estas mismas, crea la necesidad de proponer nuevas alternativas que difieran de lo convencional. De esta manera **PREFABRICADOS DE CONCRETO DOSOSPINAS** una pequeña empresa ubicada en la Hacienda El Bosque Santa Ana Baja Bodega 2C troncal de occidente Dosquebradas avenida la Romelia/vía el pollo; está enfocada en la disminución de los efectos negativos al medio ambiente, aprovechando el caucho como residuo para uso alternativo en productos prefabricados como una nueva alternativa en la industria de la construcción. Lo que se busca es la posibilidad de dar la pauta en diseñar un concreto con agregados triturados de cantera y material reciclado de llantas pretendiendo restituir este material, debido, a que al momento de terminar su vida útil genera problemas medio ambientales. Por lo tanto, la investigación presenta en base de resultados encontrados en el transcurso de la investigación aplicar el tipo de alternativa factible bajo ciertos parámetros específicos de elaboración como: tiempo, porcentajes de adición o sustitución de caucho de llanta, materia prima y condiciones de cuidado; con el fin de obtener un producto acorde a la calidad de la norma técnica colombiana (NTC), sobre Su principal fuente de producción en productos prefabricados de concreto como (bloques de concreto número 10,12,14 y 20, postes de cerramiento, bordillos, tope llantas) siendo esta una estrategia ecología, dirigida al impacto ambiental y aplicación del hormigón. Teniendo en cuenta que es un material de construcción altamente utilizado en la actualidad.

OBJETIVO

Implementar formulas eficiente con aditivos principales de cantera para la producción de concreto que mejore las propiedades mecánicas de la formula actual de **PREFABRICADOS DE CONCRETO DOSOSPINAS**.

ALCANCE

El alcance de la investigación y dosificaciones de mejora tendrá como función diseñar una mezcla que cumpla las necesidades normativas de resistencias y sus efectos causados por el nuevo aditivo reciclado y material de cantera.

GLOSARIO

AR agregado de caucho de llanta

URT Cemento de Uso estructural

UG Cemento de Uso General

ART Cemento de Uso Estructural.

ÁRIDOS Se denomina árido al material granulado que se utiliza como materia prima en la construcción, principalmente.

METODOLOGÍA

El proyecto de grado se formuló pretendiendo estudiar las propiedades mecánicas (compresión, impacto, flexión) de concreto, en productos prefabricados mediante el diseño de mezclas con adición o sustitución de agregados finos y gruesos de caucho molido en distintos porcentajes. Las variaciones van de 5 a 30% en peso de volumen total en áridos, se trabaja con granulometrías suministradas por la empresa distribuidora de caucho SOAMCA. Con el fin de garantizar un comportamiento habitual que mantenga geometría, proceso de fabricación convencional, cumpliendo los parámetros de resistencia, absorción y humedad según las NTC (Norma técnica colombiana) del ICONTEC. Este proyecto se plantea como una investigación comprendida por dos ámbitos; un ámbito descriptivo y otro experimental. La investigación se desarrolla en cinco fases primordiales: fase uno, recopilación de información existente, fase dos identificaciones y análisis de materias primas, fase tres elaboraciones de los distintos productos realizados en la empresa “PREFABRICADOS EN CONCRETO DOSOPINAS”, cuarta fase realización de ensayos físicos y mecánicos a materiales y productos, como: curva granulométrica, materia orgánica, compresión, absorción, entre otros. Finalmente, concluida las cuatro fases se procede a la quinta fase análisis de datos y presentación de informe final.

Para esto se desarrollaron pruebas mecánicas procediendo al falló de cilindros 2”x4” y bloques a ensayos mencionados anteriormente a la edad de curado de 7, 14 y 28 días, en el laboratorio TERRALAB S.A.S obteniendo valores para determinar cuál muestra, se acerca a los valores esperados y posibles aplicaciones ante las dosificaciones de adición o sustitución de caucho de llanta en distintos porcentajes como (5%,10%,15%,20%,30%) dependiendo del tipo de producto y aplicación a realizar como: (bloques #10,12,14,20, postes de acercamiento, bordillos y tope llantas). definiendo así cual presenta mejores condiciones, con base en ello el alcance del proyecto es definir el porcentaje de caucho fino y grueso que llevarían a ser la mezcla ideal estudiando paso a paso sus efectos en la incorporación de caucho molido en los diferentes diseños de mezclas de concreto para los productos.

Como segunda parte desarrollo de dosificación con productos de cantera de bloques de baja resistencia para bloques de concreto y resistencias mínimas para los productos viales y material de cerramiento.

MATERIALES Y CONCEPTOS A UTILIZAR

CEMENTO

En esta investigación se empleará cemento de la empresa HOLCIM, ARGOS y ULTRACEM de la empresa (CONCISA S.A.S) tipo gris de uso (UG) general y uso estructural (URT). Material encargado de dar durabilidad, resistencia a la compresión e impermeabilidad para diferentes usos siendo este el caso de producción de elementos prefabricados. Ver imagen N. 1.



Imagen 1. Cementos de uso.

AGUA

El agua es el componente del concreto que entra en contacto con el cemento para proporcionar propiedades de fraguado y endurecimiento a fin de formar un sólido compacto con los agregados. El agua debe ser apta para el consumo humano, limpia, libre de materia orgánica, aceites, azúcares u otras sustancias que afecten la resistencia o durabilidad del bloque. La evaluación del informe de calidad del agua se pide a la empresa agua y aguas de Dosquebradas Ver imagen N. 2.



Imagen 2. Agua de uso.

TRITURADO DE LLANTA

El caucho procesado que se decidió utilizar para realizar las pruebas son las tomadas del tamiz #4(2.8-3.1) mm, #8(1.5-2.0) mm #12(0.8-1.2) mm, en la siguiente imagen N.3 se puede observar la apariencia del caucho.



Imagen 3. Granulometría de caucho.

ÁRIDOS

Los agregados finos o gruesos según sea su especificación técnica (arenón, gravilla y arena fina) se define como materiales inertes que tienen una resistencia natural, siendo el principal motivo de su uso en la mezcla, ya que actúan como elemento de relleno y otorgan parte de la resistencia a compresión del hormigón.



Imagen 4. Árido fino



Imagen 5. Árido grueso arenón



Imagen 6. Árido grueso gravilla

MÁQUINAS Y MOLDES

La empresa dispone máquinas vibro compactadoras para bloques, mesa vibro compactadora para postes, y diferentes moldes para los productos ofrecidos por PREFABRICADOS EN CONCRETO DOSOSPINAS.

Maquina vibro compactadora de bloques: Existen 2 tipos de máquinas en planta una manual la cual está en uso activo y una segunda maquina semiautomática la cual se encuentra en mantenimiento. se resalta que la maquinaria tiene autoría de la empresa ya que ha sido desarrollada y construida en planta Ver imagen N.7.



Imagen N.7. Maquina vibro compactadora de bloques manual.

Maquina mesa vibro compactadora de postes: Esta máquina fue desarrollada y construida en planta DOSOSPINAS con capacidad de 60 postes en turno de 8 horas en material hierro HV. Ver imagen N.8.



Imagen N.8.Maquina mesa vibro compactadora de postes.

Maquinas mezcladoras de concreto: Existen 2 tipos de máquinas la primera construida en planta con capacidad de 235 Kg de mezcla seca, La segunda mezcladora marca FORTE con capacidad de 120 Kg de mezcla seca. Ver imagen N.9.



Imagen N.9.Mezcaldora de concreto FORTE.

Molde 1: los moldes para bloques tienen diferentes medidas según su nominación #10, 12,14 y 20 a utilizar, estos moldes son fabricados por la misma empresa. Imagen N10.



Imagen N.10. Moldes para bloques

Molde 2: los moldes para postes tanto rectos, como curvos tienen una medida aproximada de 3.10 m de largo por 10 cm de ancho. Imagen N.11.



Imagen N.11. Moldes para postes no vibrados

Molde 3: los moldes para tope llantas tienen medidas de 40cm de largo por una sección transversal de Imagen N.12.



Imagen N.12. Moldes para tope llantas no vibrados

Molde 4: los moldes para bordillos tienen unas medidas de 80cm por 40cm por 15cm Imagen N.13.



Imagen N.13. moldes para bordillos no vibrados.

FRAGUADO

Para garantizar el tiempo de fraguado se utiliza la experiencia del personal de la empresa y se lleva el seguimiento visual en el proceso general de endurecimiento del concreto en el producto, se evidencia un estado de fraguado inicial en que la mezcla pierde su plasticidad. Se denomina fraguado final al estado en el cual la consistencia ha alcanzado un valor muy apreciable. El tiempo comprendido entre estos dos estados se llama tiempo de fraguado de la mezcla, varía según el tipo de cemento a usar. A continuación, se puede evidenciar de manera el proceso químico de fraguado en la figura N.1. [1]

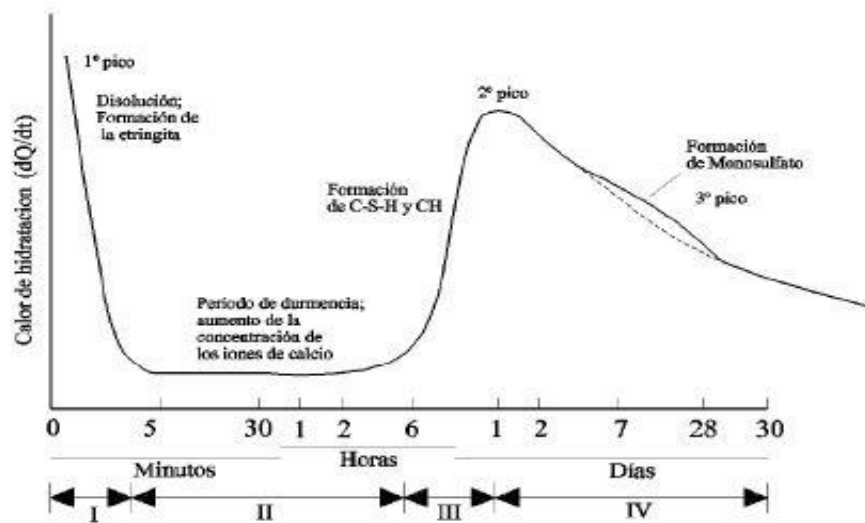


Figura N.1 grafica de tiempo de fraguado con cemento ARGOS (URT)

El fraguado final para Cemento ARGOS ESTRUCTURAL cuando el elemento puede seguir a la etapa de curado para bloques de 6 a 10 horas para bloques, para postes de 18 a 24 horas, bordillos y tope llantas 8 a 12 horas.

El fraguado final para Cemento ULTRACEM ESTRUCTURAL cuando el elemento puede seguir a la etapa de curado para bloques de 12 a 18 horas para bloques, para postes de 24 a 36 horas, bordillos y tope llantas 14 a 20 horas.

El fraguado final para Cemento HOLCIM ESTRUCTURAL cuando el elemento puede seguir a la etapa de curado para bloques de 8 a 12 horas para bloques, para postes de 20 a 24 horas, bordillos y tope llantas 12 a 16 horas.

NO SE REALIZA INVESTIGACION de Cemento estructural CEMEX, pero se sugiere tenerlo en cuenta para su debida aplicación en los productos.

A continuación, se realiza una lista de mayor a menor eficacia de cementos utilizados y no utilizados.

CEMENTOS utilizados.

1. ARGOS ESTRUCTURAL 42.5 KG

2. ULTRACEM ESTRUCTURAL 42.5 KG
3. HOLCIM ESTRUCTURAL 42.5KG

CEMENTOS no utilizados

4. ARGOS ESTRUCTURAL 42.5 KG
5. CEMEX ESTRUCTURAL 42.5 KG
6. ULTRACEM ESTRUCTURAL 42.5 KG
7. HOLCIM ESTRUCTURAL 42.5KG

Se recomienda no usar cemento de uso general UG de ninguna marca, debido a que su resistencia es menor y ninguna investigación se desarrolló con este tipo de aglomerante, también atrasaría el tiempo de fraguado, curado. Siendo esto el motivo de atraso en la salida de material final, baja calidad debido a fisuras, grietas y problemas con la trabajabilidad.

CURADO Y ESTIBADO

Para garantizar el tiempo de curado se utiliza la experiencia del personal de la empresa y se lleva un ensayo empírico de error El cual consiste en levantar y sacudir el producto después de 1 día para bloques y 3 días para demás productos, seguidamente se lleva a cabo la hidratación necesaria que permita al producto desarrollar las propiedades de resistencia, estabilidad dimensional y durabilidad para las que ha sido diseñado almacenado en estibas y/o torres de 8 pisos ubicados paulatinamente dejando 2 cm en espacios horizontales para permitir el paso de agua, viento y sol para llevar a cabo la maduración de resistencia mecánica como se puede ver en la imagen N.14.



Imagen N.14. Curado y estibado antes y después

El desarrollo del sistema de riego se lleva a cabo en un área de $78m^2$ se dispone de una presión aproximadamente de 70Psi de la primera llave ubicada a 5(m) metros del área cubierta, con un dispersor de tiro de 14(m) metros, con tubería de $\frac{1}{2}$ " en caucho, el sistema cuenta dos tipos de mangueras de calibre 50(15m) y 40(5m), una unión de $\frac{1}{4}$ "para la

respectiva conexión entre ellas. El dispersor se ubica a una altura de 60(cm) centímetros con el fin de cubrir la fila más alta de la torre de curado.

El sistema de riego se encuentra en estado de construcción por ende se SUGIERE la utilización de 10 aspersores con tiro de 2 metros, ubicados a (1 a 1.20 m) de alto, a una distancia de 2 metros de cada uno. Para esto se calcula una utilización de 50 m de manguera de calibre 50, accesorios como: 5 T de 1/4", un tapón de 1/4" y 12 abrazaderas galvanizadas.

El sistema de estibado sugiere hacer máximo 8 filas x 7 columnas de bloques, peso aproximado que tendría la suma de 2(ton) toneladas. SE SUGIERE que las estibas tengan capacidad para 2 ½ toneladas y preferiblemente de material plástico para aumentar su tiempo de vida, debido a las condiciones ambientales que está sometido al continuo contacto del agua.

Para la protección de los rayos solares se usa POLISOMBRA de calibre 50 para cubrir 78m², para el uso de vigas se utiliza guaduas verdes que cuentan con una altura de 2.4(m) metros con profundidad de 40(cm) centímetros, longitud libre 2(m) metros ubicadas a una distancia de 2.5(m) metros, se SUGIERE realizar una base con alambre por todo el perímetro de la poli sombra, con tensores horizontales y diagonales.

Se SUGIERE realizar una costura en todo los bordes y esquinas de la polisombra con una base de tela gruesa o cuero para evitar daños, caídas o desgarros en la misma. Las esquinas deben tener una perforación cocida junto a un anillo en metal para facilitar su montaje, desmontaje y sujeción.

EXPERIMENTOS

ANÁLISIS PREVIO A MATERIAS PRIMAS PARA AGREGADOS FINOS Y GRUESOS

Los agregados que se emplearán en la presente investigación provienen de la empresa triturados de Combia o cantera de Combia. Ubicada Combia- Colombia.

Como agregados finos, se usa arena fina o "revoque" imagen.N.4.



Imagen N.4. Agregado fino.

El análisis que se realizó a las 3 arenas se mencionara a continuación.

Arena 1: arena con alto contenido de piedra, SE RECOMIENDA utilizar zaranda para eliminar el agregado grueso, los ensayos con este tipo de agregado, muestran una arena acorde a las necesidades de los productos de concreto.

Arena 2: arena sin contenido de piedra, SE RECOMIENDA suspender su uso debido que atenta a la resistencia de los productos aproximadamente 0.5 MPA.

Arena 3. Arena de quebrada, SE RECOMIENDA realizar un ensayo de contenido de materia orgánica, si los resultados evidencian que cumple la norma, pueden ser aplicados en postes, tope llantas, bordillos. En caso de no cumplir la norma, SE SUGIERE lavar la arena con sal, ubicando 1m³ en un tanque agregar 10KG de sal revolver durante 30 minutos y dejar reposar durante 24 horas, después eliminar el agua y lavar con abundante agua para eliminar residuos de materia orgánica y sal. Seguidamente enviar otra muestra al laboratorio con el fin de garantizar la efectividad del proceso de corrección. Si cumple los parámetros de NORMA, se procede a utilizar caso contrario NO SE DEBE USAR, ya que el contenido de materia me genera pérdidas de resistencia en tiempo corto al concreto, superficies externas visualmente desagradables y olores poco agradables.

NOTA: se puede realizar el ensayo de contenido de materia orgánica en la empresa, pero su resultado no es confiable. Es un método comparativo con el resultado entregado por el laboratorio.

ENSAYO GRANULOMETRICO DE ARENA FINA Y GRUESA.

A partir del material traído del campo se obtiene una muestra representativa de la masa del suelo y se seca en horno de termocupla (laboratorio metalografía UTP). Se reducen los terrones de la muestra a tamaños de partículas elementales.

El material así reducido se emplea para realizar la granulometría gruesa vertiendo el material base a través de los tamices: 3", 2½", 2", 1½", 1", ¾", 3/8", dispuestos sucesivamente de mayor a menor, colocando al final receptáculo denominado fondo. Luego se pasa a tamizar el material colocándolo en los agitadores mecánicos, cinco minutos en el de movimiento vertical y cinco minutos en el de movimiento horizontal..

Se coloca la muestra en el horno y se seca durante 24 horas a 110°C, después de lo cual se vierte sobre los tamices: No. 10, No. 30, No. 40, No. 100, No. 200 y fondo dispuestos sucesivamente de mayor a menor abertura y se procede igual para la granulometría gruesa. Imagen N.15, 16,17.



Imagen N.15. Agregado fino



Imagen N.16. Agregado fino



Imagen N.17. Agregado fino

A continuación, se construye la tabla N.1 de ensayo granulométrico de arena fina.

MALLA (mm)	MASA RETENIDA Gramos (Gr)
0,212	0
0,15	0
0,106	87
0,075	446

Tabla N.1 Datos ensayo granulométrico arena fina

Que según el ensayo granulométrico tabla N.1, bajo la norma artículo 630-07 se obtiene un tamaño de grano de (0.075-0.106) milímetros, que corresponde al rango de material fino.

En base de los datos obtenidos en la tabla N.1 se construye la curva granulométrica. Grafico N.1.

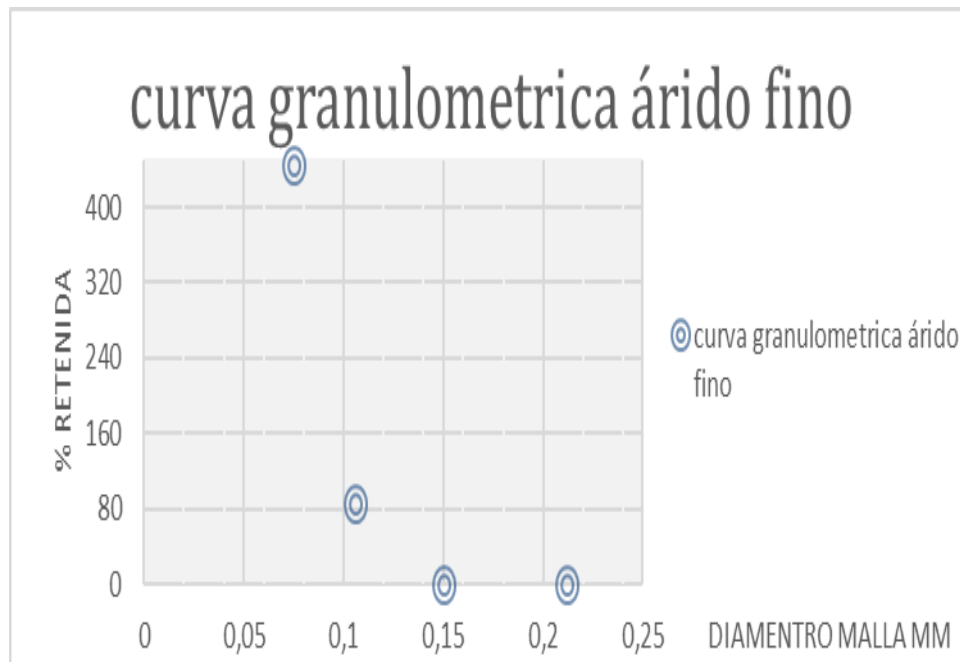


Grafico N.1 curva granulométrica.

Realizando los mismos pasos anteriores se analiza el material árido como agregado grueso arenón o “arena de pega imagen.N.5.



Imagen N.5. Agregado grueso.

Según el ensayo granulométrico tabla N.2 bajo la norma artículo 630-13 Se obtiene un tamaño de (0.661-1.70) mm que corresponde al rango de material grueso llamado arenón.

El análisis que se realizó a las 2 arenas se mencionara a continuación.

Arenón 1: arenón con alto contenido de piedra, SE RECOMIENDA utilizar zaranda para eliminar el agregado grueso, los ensayos con este tipo de agregado, muestran un arenón acorde a las necesidades de los productos de concreto.

Arenón 2: arenón sin contenido de piedra, SE RECOMIENDA enviar materiales de ensayo con este tipo de material, material más oscuro, y lavado al momento de la entrega, ARENON DE SALOMON.

Se construye la tabla N.2 de ensayo granulométrico de arena gruesa.

MALLA 8(mm)	MASA RETENIDA Gramos (Gr)
3,35	0
1,7	20
0,83	81
0,6	128
0,425	219

Tabla N.2 Datos ensayo granulométrico arenón

En base de los datos obtenidos en la tabla N.2 se construye la curva granulométrica. Grafico N.2.

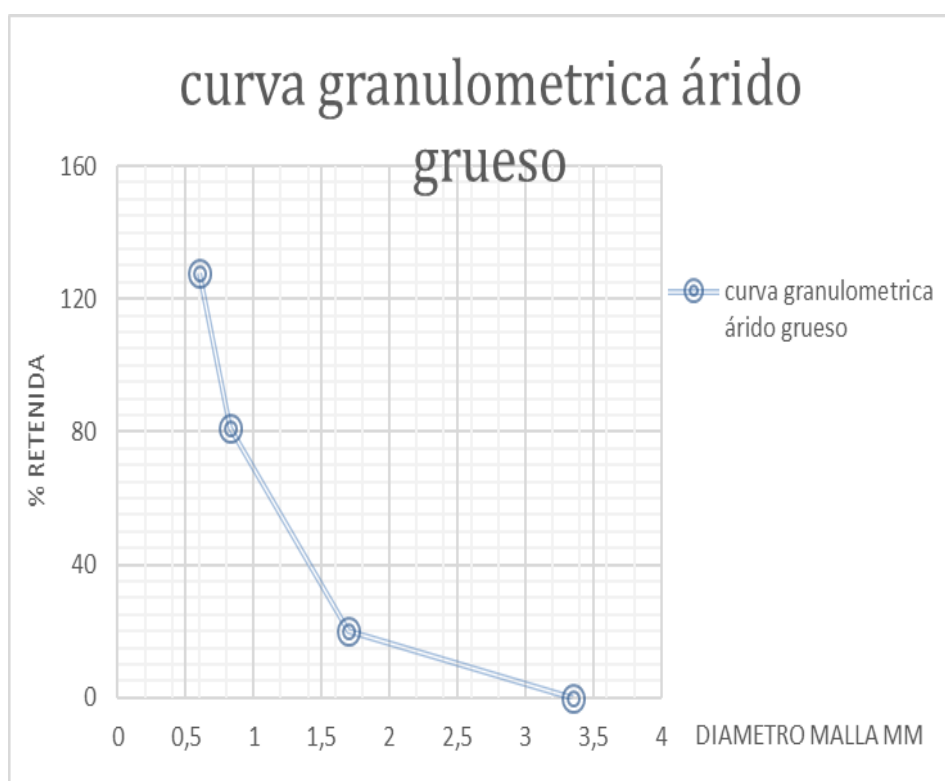


Grafico N.2 curva granulométrica.

Como agregados gruesos para productos de mayor resistencia se usa material de quebrada “gravilla” de $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{2}$ de pulgada imagen N.18. El cual no se realiza ningún tipo de ensayo, pero si un proceso de clasificación por zaranda (maquina mecánica imagen N.19.) para aplicar la diferente granulometría escogida en cada producto a realizar.



Imagen N.18. Agregado grueso gravilla.



Imagen N.19. Zaranda.

Para el agregado conocido como gravilla cumple con las necesidades de resistencias a los productos, se RECOMIENDA uso de TRITURADOS de 3/8", de 1/2", para bajar el contenido de cemento y obtener las mismas resistencias.

Para tener una granulometría deseada se SUGIERE realizar modificación a la zaranda implementando 3 niveles de mallas de 3/8" y 1/2", con mallas en hierro calibre de 3/16" con ojo cuadrado o en forma de rombo. Con dimensiones de 2x1.20 (m) metros.

Siguiendo con los ensayos a agregados la arena fina se somete a ensayos de contenido de materia orgánica (colorimetría) e inorgánica (cantidad de finos).

ENSAYO DE IMPUREZAS INORGÁNICAS EN LA ARENA PARA CONCRETO

Para determinar la cantidad de finos (arcillas y limos) presentes en la arena para concreto; los cuales, en cierta cantidad se consideran nocivos en la elaboración de concreto.

Equipo y material que se utiliza:

- Frasco de vidrio con tapa
- Solución de sal al 1%
- Agua
- Regla, vernier o cinta métrica.

Procedimiento:

1. Colocar 50 ml. de la solución de sal al 1% en el frasco de vidrio.
2. Añadir arena hasta que su altura sea de 100 ml.
3. Agregar solución hasta llegar a la marca de 150 ml., se tapa la boca de la probeta y se agita manualmente por un minuto.
4. Dejar la probeta en sedimentación por 3 horas. Como los granos de arena son más pesados se asientan primero que los finos.

5. Se mide la capa de arcilla y se obtiene el porcentaje que esta representa con respecto a la altura inicial. Esta capa no deberá exceder el 6%. Ensayo realizado según la norma... Imagen 20.

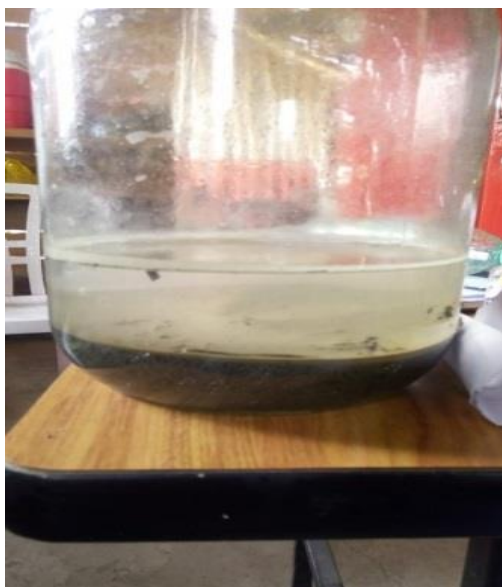


Imagen N.20. Ensayo de impurezas inorgánicas.

ENSAYO DE IMPUREZAS ORGÁNICAS PRESENTES EN LA ARENA

Para determinar la cantidad de materia orgánica en la arena para elaborar concreto, por medio de colorimetría.

- Equipo y material que se utiliza:
- Frasco de vidrio con tapa.
- Solución de Hidróxido de sodio (sosa cáustica) al 3%
- Agua
- Arena en estudio

Procedimiento:

1. Se llena el frasco de vidrio hasta la marca de 110 ml. con la muestra de arena que se va ensayar.
2. Añadir la solución de Hidróxido de sodio al 3%, hasta la marca de 175 ml.
3. Se agita el frasco fuertemente por un tiempo de un minuto.
4. Pasadas las 24 horas. Observar el color del líquido y se compara con la solución patrón, si el color es más oscuro que el amarillo paja; esta arena tendrá exceso de materia orgánica. Ensayo realizado bajo la norma ASTM C40 Y ASTM C87. Imagen 21.



Imagen N.21. Ensayo de impurezas orgánicas.

ASENTAMIENTO.

Se refiere a la medida de la consistencia de concreto, se relaciona con el grado de fluidez de la mezcla e indica qué tan seco o fluido está el concreto, para esto se ha desarrollado una prueba de asentamiento o “cono de abrams” que permite caracterizar esta propiedad tal como se puede observar en la Imagen N.22. La experimentación fue regida por la NTC 396 Método de ensayo para determinar el asentamiento del concreto Imagen N.23. En la cual se emplea el uso de un cono y una varilla compactadora con las especificaciones de la norma. El proceso se puede verificar en la Imagen N.24.

LLENADO.

La cantidad de hormigón necesaria para efectuar este ensayo no será inferior a 8 litros.

- Se coloca el molde sobre la plancha de apoyo horizontal, ambos limpios y humedecidos solo con agua. No se permite emplear aceite ni grasa.
- El operador se sitúa sobre las pisaderas evitando el movimiento del molde durante el llenado.

La capa inferior se llena hasta aproximadamente $\frac{1}{3}$ del volumen total y la capa media hasta aproximadamente $\frac{2}{3}$ del volumen total del cono, es importante recalcar que no se debe llenar por alturas, sino por volúmenes.



Imagen N.22. Cono de Abrams.

APISIONADO

- Se llena el molde en tres capas y se apisona cada capa con 25 golpes de la varilla-pisón de 3/8" de diámetro distribuidas uniformemente.



Imagen N.23. Apasionado.

MEDICIÓN DE ASENTAMIENTO

Una vez levantado el molde, la disminución de altura del hormigón (asiento) moldeado respecto al molde, será en un primer momento de aproximadamente 5 mm. La medición se hace en el eje central del molde en su posición original. En función del asiento total, es posible determinar la fluidez. Dicha normativa recoge cualitativamente las siguientes consistencias en función del asiento del cono (en cm):

- De 0 a 2 cm, consistencia seca
- De 3 a 5 cm, consistencia plástica
- De 6 a 9 cm, consistencia blanda
- De 10 a 15 cm, consistencia fluida**
- De 16 a 20 cm, consistencia líquida

En este caso se elige consistencia fluida de 10 cm para diseño de mezcla por ser uso estructural



Imagen N.24. Ensayo de asentamiento.

Cono de abrams realizado en PREFABRICADOS EN CONCRETO DOSOSPINAS.

Prueba de resistencia para la muestra.

La resistencia se midió bajo los parámetros como lo describe la INV E 410 Ensayo de resistencia a la compresión para cilindros a 7 y 28 días con el fin de medir el porcentaje de desarrollo del concreto que se calcula con dividir el esfuerzo esperado con el esfuerzo obtenido en el ensayo y su esfuerzo a compresión. Cabe resaltar que esta propiedad mecánica es la de principal importancia en el concreto como se observa en la figura N.25. Pruebas realizadas en TERRALAB. Laboratorio certificado ubicado en la Calle 13 9A - 27 BODEGA 3 Plaza San Ángel a cargo de la geóloga **Diana Isabel Correa** Coordinadora de Laboratorio.



Imagen N.25. Ensayo de compresión.

Este experimento tiene como objetivo, evaluar las propiedades endurecidas del concreto por su resistencia a la compresión Para las pruebas de resistencia a la compresión, se probaron tres muestras cilíndricas de $\times 100 \times 200$ mm. Figura. N.26. A los 28 días. Los cilindros se cargaron a una velocidad de 0.2 kN / s hasta el fallo. Los cilindros probados para resistencia a la compresión a los 28 días tuvieron como instancia sus dimensiones y peso para bloques.

También se realizó ensayos de absorción para verificar el porcentaje de humedad del mismo para bloques bajo la norma NTC. Prueba realizada por el laboratorio TERRALAB.

CILINDROS (4) realizados en PREFABRICADOS EN CONCRETO DOSOSPINAS bajo norma.



Imagen N.26. Cilindros de ensayo a compresión.

CONDICIONES DE MUESTREO Y CURADO

Para las pruebas de propiedades endurecidas bajo los parámetros de la norma establecida para cilindros de prueba, cada mezcla requirió moldes cilíndricos de $\varnothing 100 \times 200$ mm para las pruebas de resistencia a la compresión. Los especímenes se prepararon vertiendo el concreto directamente en los moldes compactando, se desmoldaron después de 24 horas y se dejaron curar en un tanque con agua hasta la edad de prueba. Las muestras se curan aire libre aproximadamente a una temperatura promedio $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. ver las imágenes de preparación. Imágenes N.27, 28, 29,30.



Imagen N.27. Llenado y Apasionado.



Imagen N.28. Llenado de cilindro.



Imagen N.29. Aplanacion de superficie.



Imagen N.30. Curado en agua.

ESTADO FRESCO

Las evaluaciones realizadas en estado fresco permiten observar el comportamiento de la mezcla de concreto en los primeros minutos justo después de su elaboración, de esta manera es posible evaluar si las mezclas han sido preparadas correctamente y si están presentando resultados equivalentes a los descritos en las normas. Estos parámetros no son determinantes, por esta razón se tienen en cuenta mas no serán evaluados en el análisis gráfico y tampoco en el diseño experimental. Aun así, para evaluar el comportamiento del grano de caucho de llanta reciclada es importante realizar estas pruebas que hacen parte de la caracterización del material y por esta razón se incluyen para observar el comportamiento del concreto modificado con AR y sus cambios respecto al concreto convencional.

La evaluación en bloques consiste en observar en primera instancia si la mezcla tiene el porcentaje de agua adecuado aprisionando la mezcla con la mano y observar la humedad que queda en la mano al momento de soltarla. Figura N.31.



Imagen N.31. Observación de bloques.

En segunda instancia se verifica medidas del bloque después de la vibro compactada y se observa si existen fisuras, aperturas hendiduras abombamientos. Figura. N.32.



Imagen N.32. Observación final de bloques.

En tercera instancia se deja pasar el tiempo de fraguado final aproximadamente 10 a 20 horas dependiendo del tipo de cemento usado al aire; después se procede a hacer un levantamiento del bloque sacudiendo suavemente para comprobar la resistencia prematura adquirida (saber si esta fino) de igual manera se observa si existen fisuras, aperturas hendiduras abombamientos. Figura. N.33.a y 33.b.



Imagen N.33.a. Prueba de bloques.



Imagen N.33.b. Prueba de bloques.

PROPORCIONES DE LA MEZCLA

La composición de aglomerante de este estudio experimental, produjo diseñar cuatro series de diferentes mezclas de concreto vibro compactados y no vibro compactados que incorporan agregados de caucho (AR).

De acuerdo a investigaciones y experimentos realizados anteriormente en diversos autores reportados en trabajos de grado y artículos, los porcentajes que se usan de reemplazo de grano de caucho de llanta reciclada deben ser de máximo 20%, tal como se pretende concluir con la serie I. En este trabajo de tendrá en cuenta el reemplazo y adición del 10% hasta el 30% del volumen del agregado fino y grueso para un concreto con fines de uso estructural.”

Para realizar las mezclas de control para la verificación de resistencias mecánicas sometidos a compresión para bloques de baja resistencia, productos viales y postes de cerramiento a diferentes relaciones por sustitución de árido por caucho de llanta y en segunda estancia adición de caucho a la mezcla base; A modo experimental se toma la relación de 1/7 de áridos-cemento, con una relación a/c (agua/cemento) de 0,5 con asentamiento constante durante las mezclas a 10cm.

Las muestras de la serie I, implica la sustitución de agregados naturales finos (REVOQUE) y agregados naturales gruesos (ARENON) por agregados de caucho (AR) de tamiz #8,(1.5-2.0) mm y tamiz #12 (0.8-1.2 mm). Las AR se reemplazan consecutivamente a las relaciones en proporciones porcentuales nombradas anteriormente al volumen en áridos conservando proporciones entre 5%, 10%, 15% y 20% como puntos de referencia en la dosificación experimental.

En las muestras de la serie II, se mantuvo constante la composición árida con variación de conglomerantes de marcas ARGOS UG Y HOLCIM URT, ya que son los cementos de mayor uso en planta DOSOSPINAS, la adición de agregados de caucho (AR) se realiza bajo la granulometría de tamiz #8, (1.5-2.0) mm a la mezcla normalizada por dosificación de DOSOSPINAS compuesta por agregados naturales finos (REVOQUE) y agregados naturales gruesos (ARENON). Las AR se reemplazan en proporción de 10%, como punto de referencia en la dosificación experimental.

Las muestras de la serie III y IV, implican la adición de agregados de caucho (AR) de tamiz #8, (1.5-2.0) mm y tamiz #12 (0.8-1.2 mm) a la mezcla normalizada por dosificación de DOSOSPINAS compuesta por agregados naturales finos (REVOQUE) y agregados naturales gruesos (GRAVILLA). Las AR se adicionan consecutivamente a las relaciones en proporciones porcentuales nombradas anteriormente al volumen en áridos conservando proporciones entre 5%, 10%, 20%, 25% y 30% como puntos de referencia en la dosificación experimental.

MEZCLAS O DOSIFICACIONES CON CAUCHO DE LLANTA

A continuación se realiza la dosificación y muestras de la fase I utilizando el método de sustitución de áridos por agregados de caucho, según las especificaciones normativas a base de la dosificación investigada y realizada por la empresa prefabricados en concreto DOSOSPINAS para una resistencia a la compresión de 5MPa para bloques estructurales.

Mezcla 1

- 14.4 Kg de cemento HOLCIM URT
- 39 Kg de arena gruesa
- 11 Kg de arena fina
- 7.5Kg de caucho de llanta #8
- 3.5Kg de caucho de llanta #12
- 7.2 L+300ml

Mezcla 2

- 19.2 Kg de cemento HOLCIM URT
- 39 Kg de arena gruesa
- 15.5 Kg de arena fina
- 7Kg de caucho de llanta #8
- 5 Kg de caucho de llanta #12
- 9.6L+350ml

Mezcla 3

- 19.2 Kg de cemento HOLCIM URT
- 39 Kg de arena gruesa
- 15.5 Kg de arena fina

- 7.0 Kg de caucho de llanta #8
- 1.6 Kg de caucho de llanta #12
- 9.6L +200ml

Ejemplo de procedimiento matemático con datos de la tabla N.1M3.

- sumar la cantidades de la mezcla excepción al agua
 $(19,2+39+15,5)\text{Kg} = 73,7\text{Kg}$
- multiplicar la suma total de la mezcla por el porcentaje de AR a adicionar (según estudios, valor de criterio personal).
 $73,7*10\%(\text{ de AR \#8}) = 7,37$ Se aproxima a 7.
 $73,7*2\%(\text{ de AR \#12}) = 1,474$ Se aproxima a 1,6.

Se procede a ubicar los datos obtenidos bajo procedimientos matemáticos, que se explican a continuación; cabe resaltar que todas las tablas se realizan bajo el mismo procedimiento; estos datos son consignados en la tabla N.3.

Muestras	%cimento	%áridos	% caucho fino	% caucho grueso
N.1.M.1	22.36	77.64	6	12
N.2.M.2	20.60	79.40	10	7
N.3.M.3	25.70	74.30	10	2

Tabla N.3 muestra experimentales por sustitución de agregado de caucho (AR)

Siguiendo con la serie II, se realiza mezcla de control que tienen como objetivo identificar el máximo valor de resistencia aportado por este conglomerante y el comportamiento de caucho de llanta de granulometría #8 en un valor aproximado en adición de 8% sobre la dosificación investigada y realizada por la empresa prefabricados en concreto DOSOSPINAS.

la serie II consiste en la variación de los cementos utilizadas en planta ARGOS, HOLCIM URT y el porcentaje de reducción de resistencia a compresión en las diferentes muestras con el mismo porcentaje de caucho agregado para esto se mantiene constante los agregados gruesos y finos.

Mezcla 4

- 9.6 Kg de cemento HOLCIM URT
- 26 Kg de arena gruesa
- 27.5 Kg de arena fina
- 4.8L

Mezcla 5

- 9.6 Kg de cemento HOLCIM URT
- 26 Kg de arena gruesa
- 27.5 Kg de arena fina
- 5 Kg de caucho de llanta #8
- 4.8L +350ml

Mezcla 6

- 9.6 Kg de cemento HOLCIM URT + 4.8 Kg de cemento UG Argos
- 26 Kg de arena gruesa
- 27.5 Kg de arena fina
- 5 Kg de caucho de llanta #8
- 4.8L +400ml

A continuación se presenta en la tabla N.4, los resultados consignados a las diferentes mezclas mencionadas anteriormente.

Muestras	%cemento	%áridos	%caucho fino	%caucho grueso
N.1.M.4	14.65	85.35	2.5	2.5
N.2.M.5	14.65	85.35	6	6
N.3.M.6	14.65	85.35	7.5	7.5

Tabla N.4 muestra experimentales por adición de agregado de caucho (AR)

A continuación se realiza la dosificación y preparación de mezclas para la fase III y IV, utilizando el método de adición de agregados de caucho, las muestras se preparan en cilindros según las especificaciones normativas a base de la dosificación investigada y realizada por la empresa prefabricados en concreto DOSOPINAS para una resistencia a la compresión para productos viales (bordillos, tope-llantas, adoquines) 4MPa y para postes Cabe resaltar que no existe normatividad para postes de cerramiento excepto que la empresa cuenta con una inspección de cilindros por resistencia a compresión 17,5 MPa a 7 días, a 28 días de curado.21MPa.

La mezcla de control para los productos como postes, tope llantas y bordillos a una relación de concreto 1:2:1 por sustitución de árido hasta un 30% de caucho de llanta, con una relación a/c de 0,5.

Este estudio experimental, produjo diseñar tres diferentes mezclas de concreto sin vibrar que incorporan agregados de caucho. Las muestras implicó la sustitución de agregados naturales finos (REVOQUE) y agregados naturales gruesos (GRAVILLA) por agregados de caucho (AR) de tamiz #8(1.5-2.0) mm y tamiz #4 (2.8-3.1 mm). Las AR se reemplazaron porcentuales al volumen en áridos conservando proporciones entre 25%, 30% y 35% en la dosificación experimental, dichos porcentajes se basan en estudios realizados en el estudio anterior. Las proporciones de la mezcla de la Serie III se presentan en la Tabla 5.

Mezcla 7

- 14.4 Kg de cemento HOLCIM USO GENERAL
- 45 Kg de Gravilla
- 22 Kg de arena fina
- 8 Kg de caucho de llanta #8
- 8 Kg de caucho de llanta #12
- Canastilla de 4 varillas de 1/4"x 14 flejes de 1/4"
- 7.2L +800ml

Mezcla 8

- 14.4 Kg de cemento HOLCIM USO GENERAL
- 30 Kg de Gravilla
- 11 Kg de arena fina
- 8 Kg de caucho de llanta #8
- 8 Kg de caucho de llanta #12
- Canastilla de 4 varillas de 1/4"x 14 flejes de 1/4"
- 7.2L +500ml

Mezcla 9

- 14.4 Kg de cemento HOLCIM USO GENERAL
- 30 Kg de Gravilla
- 27.5 Kg de arena fina
- 8 Kg de caucho de llanta #8
- 12 Kg de caucho de llanta #12
- Canastilla de 4 varillas de 1/4"x 14 flejes de 1/4"
- 7.2L +1.2L

A continuación se presenta en la tabla N.5, los resultados consignados a las diferentes mezclas mencionadas anteriormente.

Muestras	%cemento	%áridos	%caucho fino	%caucho grueso
N.1.M.7	18.97	81.03	12	12
N.2.M.8	25.99	74	9.5	9.5
N.3.M.9	29.22	70.77	18	12.5

Tabla N.5 muestra experimentales por adición de agregado de caucho (AR) para productos viales.

Para la Serie IV, se logra analizar los datos obtenidos en sus resistencias en las tres series investigadas anteriormente y se procede al diseño de la mezcla ideal manteniendo la mezcla correcta de áridos, con el fin de comprobar el comportamiento si el comportamiento del caucho de llanta es el esperado correspondiente a previos análisis, el cemento a utilizar es HOLCIM UG Y URT; que tiene el objetivo de identificar el % de desarrollo de concreto en el tiempo. Las proporciones de la mezcla de la Serie IV se presentan en la Tabla 6.

Mezcla 10

- 14.4 Kg de cemento HOLCIM USO GENERAL
- 30 Kg de Gravilla
- 11 Kg de arena fina
- 8 Kg de caucho de llanta #8
- 8 Kg de caucho de llanta #12
- Canastilla de 4 varillas de 1/4"x 14 flejes de 1/4"
- 7.2L +500ml

Mezcla 11

- 14.4 Kg de cemento HOLCIM USO ESTRUCTURAL
- 30 Kg de Gravilla
- 27.5 Kg de arena fina
- 8 Kg de caucho de llanta #8
- 12 Kg de caucho de llanta #12
- Canastilla de 4 varillas de 1/4"x 14 flejes de 1/4"
- 7.2L +1.2L

A continuación se presenta en la tabla N.4, los resultados consignados a las diferentes mezclas mencionadas anteriormente.

Muestras	%cemento	%áridos	%caucho fino	%caucho grueso
N.1.M.10	20	57,4	11,2	11,2
N.2.M.11	16	62,6	13	9

Tabla N.6 muestra experimentales por adición de agregado de caucho (AR) para productos viales.

- El uso de cemento HOLCIM URT se puede adicionar a esta mezcla, pero como 1 balde completamente lleno 10.6kg.
- Cabe resaltar que postes sin vibrar se puede usar el agua mencionada anteriormente pero cuando son vibro compactados se deben disminuir aproximadamente un 25% de un balde. Dividir el balde en 4 partes y aplicar las 3 partes.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los experimentos previos a materias primas permiten un diseño adecuado experimentalmente que permite analizar si existe un efecto de los factores sobre las propiedades mecánicas y en qué medida están afectando. Es decir, si el tamaño de grano y el porcentaje de reemplazo o aditivo tienen un efecto sobre la resistencia del concreto con AR de manera individual o en conjunto.

A continuación, se encuentran la tabla N.7, 8, 9,10, con la información del tipo de grano utilizado, el tipo de resistencia y el porcentaje de reemplazo o adición de AR, así como también las respectivas gráficas donde se pueden analizar los resultados las resistencias evaluadas. Por un lado en la tabla se encuentran consignados los resultados de la evaluación de resistencia a la compresión en la que se compara las cantidades de reemplazo de cada una de las tandas de muestras elaboradas, teniendo en cuenta si es una resistencia de 3MPa, 5MPa, 17,5MPa y 21MPa según el tipo producto a realizar y adicional a esto una demanda de agua que equivale a la cantidad de agua adicional a la del diseño que se requirió para una correcta manejabilidad de la mezcla, cada mezcla se comporta de manera diferente y por esto cada una tiene un requerimiento de agua diferente el cual también se puede evidenciar.

Muestras	Tiempo Días	Adición %	Sustitución %	Cemento	Resistencia MPa	Demanda de agua ml	Desarrollo concreto
N.1.	28	0	18	Argos estructural	1.45	Agua de diseño + 350ml	18
N.2	28	0	17	Argos estructural	1.54	Agua de diseño + 300ml	19
N.3	28	0	12	Argos estructural	1.59	Agua de diseño + 200ml	20

Tabla N.7 resistencia de (AR) por sustitución.

A continuación se presentan los resultados obtenidos de las mezclas investigadas en la serie I cuyos datos se pueden observar en la gráfica N.3. De esfuerzo VS agregados de caucho (MPa VS AR).

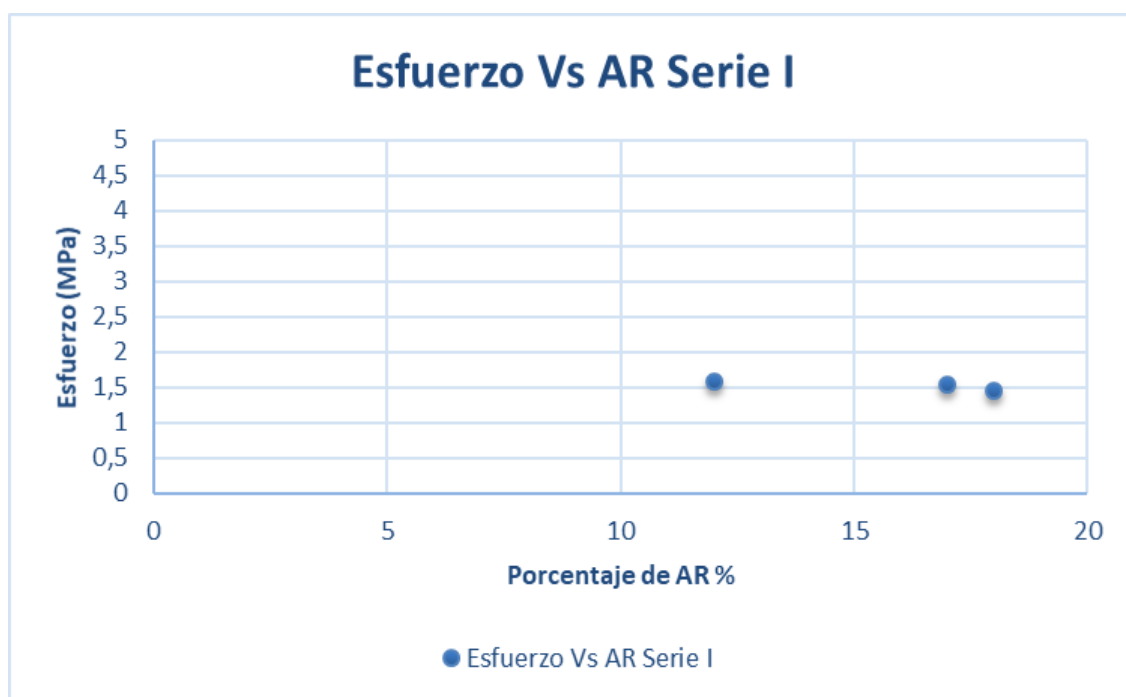


Gráfico N.3 curva (σ MPa VS %AR).

Productos acabados con las mezclas de control investigadas para la serie I. ver Imagen 34.

La derivación de estas mezclas tuvo como resultado, la aplicación de bloques de diferentes nominaciones con el ánimo de no alterar producción en planta, como también observar su comportamiento al cambio de área, estas muestras fueron llevadas al laboratorio después de cumplir 28 días de curado con las mismas condiciones ambientales de la zona, a esto se agrega el poco cuidado de aplicación de agua en el tiempo de curado a cargo de los trabajadores de

planta; problema el cual se corrigió y se trató para las siguientes series, de esta manera se concluye que la primera serie tuvo como resultado una gran falencia tanto en el cuidado de curado, como también en la dosificación base. Estos bloques presentan una apariencia lisa en su superficie con incrustaciones de caucho de llanta notorias a la vista, con aristas resistentes, se puede observar mayor absorción de agua pero una resistencia demasiado baja, la fractura de esta serie se caracterizó por contener demasiado agregado fino, por ende su fractura genera polvo en su interior pudiendo concluir que: la composición tanto de AR como áridos es incorrecta, las posibles soluciones son aumentar el contenido de cemento o aumentar el contenido de árido grueso y disminuir el árido fino. Analizando el porcentaje de desarrollo de concreto se considera significativo para el tiempo de 28 días, pero no se puede constatar si verdaderamente este resultado está asociado a los AR. los bloques no resisten cargas superiores a 80 Kg en su área de trabajo y caídas de 40 cm de alto.



Imagen N.34. Bloque #14 Serie I

A continuación se presentan los resultados obtenidos de las mezclas investigadas en la serie II cuyos datos se pueden observar en la gráfica N.4. De esfuerzo VS agregados de caucho (MPa VS AR).

Muestras	Tiempo Días	Adición %	Sustitución %	Cemento	Resistencia MPA	Demanda de agua	Desarrollo concreto %
N.4	7	0	0	HOLCIM URT	2.22	Agua de diseño	74
N.5	7	8	0	HOLCIM URT	1.49	Agua de diseño +350ml	50
N.6	7	8	0	HOLCIM URT	1.45	Agua de diseño +400ml	48

Tabla N.8 resistencia de (AR) por adición.

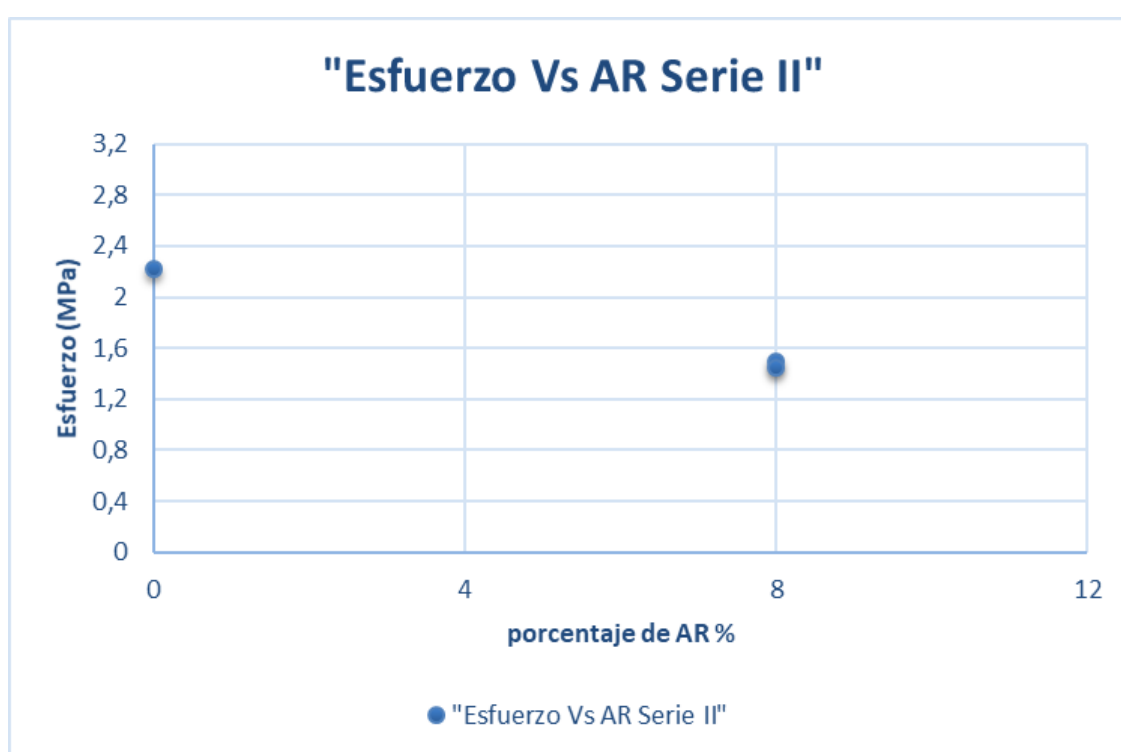


Grafico N.4 curva (σ MPa VS %AR).

Productos acabados con las mezclas de control investigadas para la serie II. Ver Imagen N.35, 36.

Esta serie como tuvo resultado un gran avance debido a las posibles correcciones generadas en la serie I, se realizó un cambio de dosificación reduciendo el contenido de áridos, conservando el mismo contenido de cemento. Se cambia el procedimiento de sustitución de áridos y agregar AR; por conservar los áridos constantes y adicionar AR en diferentes porcentajes. La muestra 4. Tiene como objetivo garantizar que la formula base de concreto convencional acorde a 7 días sea 3MPa y poder observar la reducción o aumento de resistencias al contener AR al mismo porcentaje. Estos bloques presentan una apariencia lisa en su superficie con incrustaciones de caucho de llanta notorias a la vista, con aristas

resistentes, se puede observar mayor absorción de agua pero una resistencia baja, la fractura de esta serie se caracterizó por contener demasiado agregado fino, por ende su fractura genera polvo en su interior pudiendo concluir que: la composición tanto de AR como áridos es incorrecta, las posibles soluciones son aumentar el contenido de cemento o aumentar el contenido de árido grueso y disminuir el árido fino. Analizando el porcentaje de desarrollo de concreto se considera preocupante debido q ya tiene aproximadamente un 50% para el tiempo de 7 días, ya que la resistencia aproximada a los 7 días en concreto convencional debería tener una resistencia aproximada del 50% de la resistencia final, con esto se concluye que la pérdida de resistencia y atraso en el desarrollo de concreto se ve asociado directamente a la adición de AR. los bloques resisten cargas consideradas en su área de trabajo y resisten caídas de 60 cm de alto. A pesar de los hallazgos obtenidos, la resistencia obtenida no cumple con la resistencia esperada y la tolerancia de resistencia es significativa.



Imagen N.35. Bloque #14 Serie II



Imagen N.36. Bloque #14 Serie II

A continuación se presentan los resultados obtenidos de las mezclas investigadas en la serie III cuyos datos se pueden observar en la gráfica N.5. De esfuerzo VS agregados de caucho (MPa VS AR).

Muestras	Tiempo días	Adición %	Sustitución %	Cemento	Resistencia MPA	Demanda de agua	Desarrollo concreto
N.7	28	24	0	HOLCIM UG	2.8	Agua de diseño +800ml	35.3
N.8	28	19	0	HOLCIM UG	2.4	Agua de diseño +500ml	26.6
N.9	28	30	0	HOLCIM UG	2.1	Agua de diseño +1,2L	30.6

Tabla N.9 resistencia de (AR) por adición para productos viales.

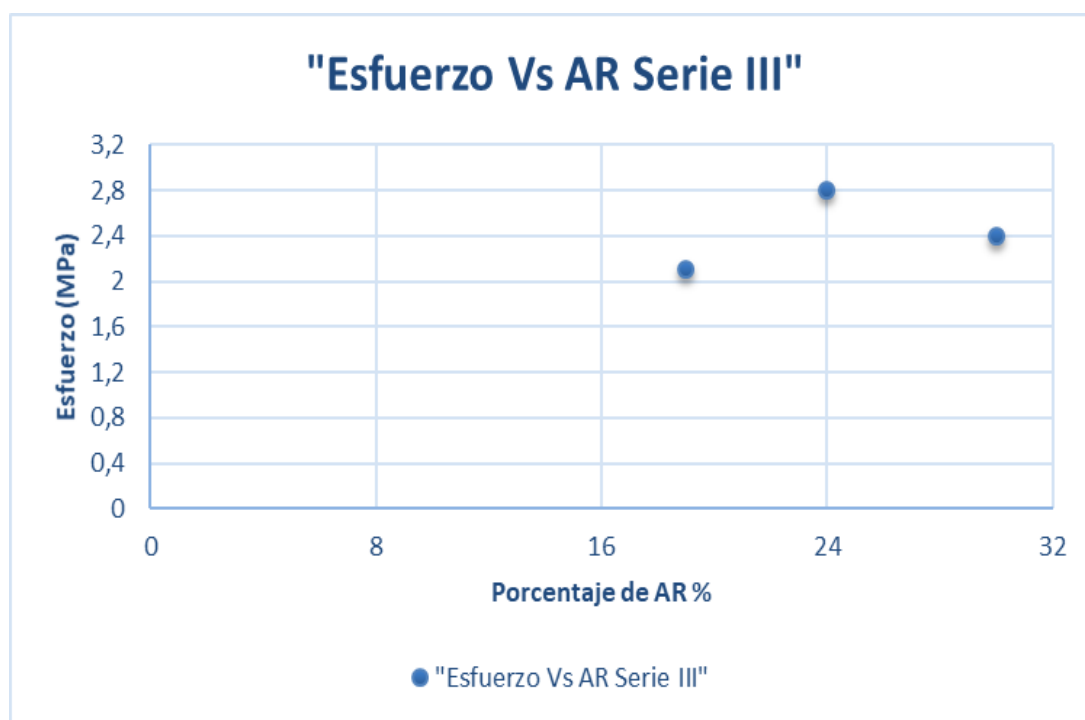


Grafico N.5 curva (σ MPa VS %AR).

Productos acabados con las mezclas de control investigadas para la serie III. Ver Imagen N.37.

Esta serie como tuvo resultado un gran avance debido a las posibles correcciones generadas y un cambio de árido grueso de arenón por gravilla, se realizó un cambio de dosificación debido que la investigación apunta a los productos viales. Se usa el procedimiento de adición explicado en la serie II de AR; Esta serie tiene como objetivo garantizar que la formula base de concreto convencional acorde a 28 días sea de 4MPa y poder observar la reducción o aumento de resistencias al contener AR diferentes porcentajes. Estos cilindros fueron cortados de manera transversal para poder evidenciar su composición y la acción del conglomerante sobre los distintos áridos, los productos presentan una apariencia lisa-rugosa en su superficie con incrustaciones de caucho de llanta bastante notorias a la vista, con aristas poco resistentes, se puede observar mayor absorción de agua pero una resistencia baja a los 28 días de curado, la fractura de esta serie se caracterizó por oponerse a la fractura actuando como característica de la sollicitación a desgarro siendo los AR los causantes de una posible buena resistencia al ocasionarse la fractura, se considera una buena propiedad debido al momento de generar la fisura, está hace que la fractura no se haga de manera súbita y su ruptura sea de tipo seca, Al contrario la fisura es lenta y trata de no incrementar. Su fractura contiene un porcentaje considerado de granos en su interior pudiendo concluir que: la composición tanto de AR como áridos es correcta, las posibles soluciones son aumentar el contenido de cemento o intentar cambiar la relación de AR. Analizando el porcentaje de desarrollo de concreto se considera preocupante debido q ya tiene aproximadamente un 40% para el tiempo de 28 días, con esto se concluye que la pérdida de resistencia y atraso en el desarrollo de concreto se ve asociado directamente a la adición de AR. los productos resisten cargas bajas en su área de trabajo sometidos a flexión aproximadamente 90Kg para tope llantas y 55Kg para postes, resisten caídas de 60 cm de alto tope llantas, para los postes no se realizó el ensayo. A pesar de los hallazgos obtenidos, la resistencia obtenida no cumple con la resistencia esperada y la tolerancia de resistencia es significativa.



Imagen N.37. Cilindros de prueba con agregados AR. Serie III

Muestras	Tiempo días	Adición %	Sustitución %	Cemento	Resistencia MPA	Demanda de agua	Desarrollo concreto
N.10.	7	30	0	HOLCIM UG	5.2	Agua de diseño + 500ml	65.2
N.11	7	30	0	HOLCIM URT	4.7	Agua de diseño +1,2L	58.9

Tabla N.10 muestra experimentales por adición de agregado de caucho (AR) para productos viales.

A continuación se presentan los resultados obtenidos de las mezclas investigadas en la serie IV cuyos datos se pueden observar en la gráfica N.6. De esfuerzo VS agregados de caucho (MPa VS AR).

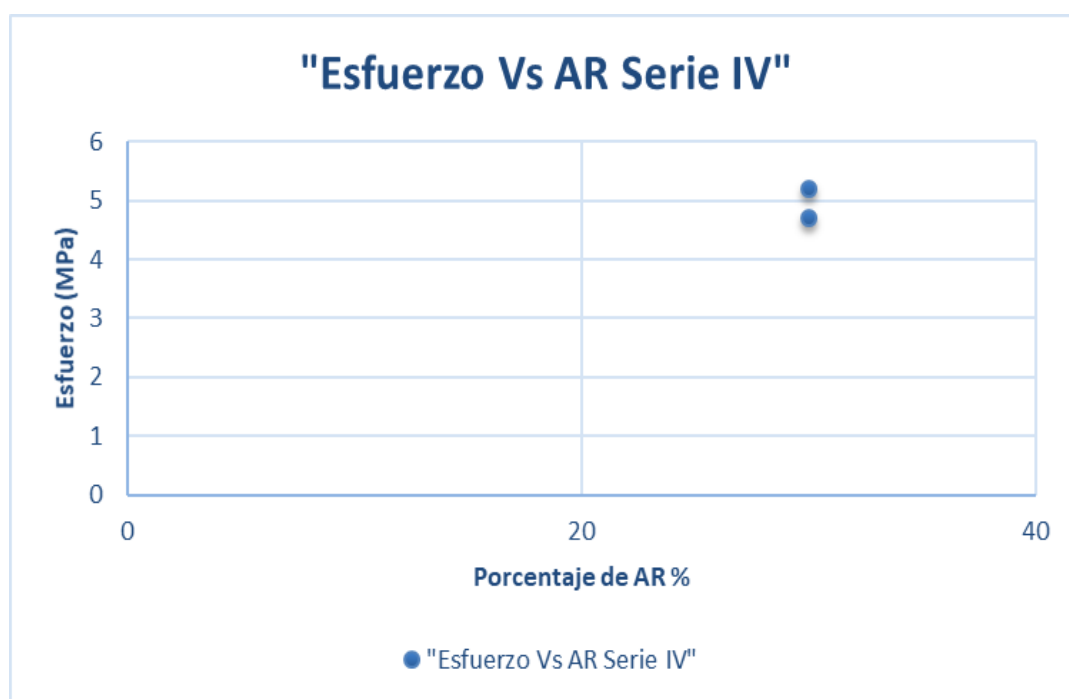


Grafico N.6 curva (σ MPa VS %AR).

Productos acabados con las mezclas de control investigadas para la serie IV. Ver Imagen N.38, 39 y 40.

Esta serie tuvo resultados satisfactorios considerando que la dosificación fue adecuada ratificando que los parámetros de adición de áridos y AR son los correctos para este tipo de productos. La muestra tiene el objetivo de garantizar que la formula garantice una resistencia de 4MPa para todos los productos viales a 28 días de curado. Estos productos presentan una apariencia rugosa en su superficie con un problema de desprendimiento de materiales áridos y AR, se evidencia bastantes incrustaciones de caucho de llanta notorias a la vista en todas las

caras, con aristas poco resistentes y con pérdida de material base, se puede observar mayor absorción de agua en comparación de las series anteriores. se comprueba la diferencia de cemento de UG y URT en el valor de su resistencia y porcentaje de desarrollo de concreto, la fractura de esta serie se caracterizó por contener agregado fino, por ende su fractura contiene un porcentaje bajo de granos en su interior pudiendo concluir que: la composición tanto de AR como áridos es correcta, Analizando el porcentaje de desarrollo de concreto se considera beneficioso para un desarrollo aproximadamente de 65% para el tiempo de 7 días, con esto se concluye que la pérdida de resistencia y atraso en el desarrollo de concreto se ve asociado directamente a la adición de AR pero se encuentra la manera de realizar las dosificaciones con este material reciclado. Los productos resisten cargas altas en su área de trabajo sometidos a flexión aproximadamente 350Kg para postes sin generar fisuras y soportando cargas oscilantes aproximadamente por 10 minutos, para tope llantas resiste una carga aproximada de 500Kg, resistentes a caídas de 1,70 m de alto este ensayo se realizó lanzando el tope-llantas aproximadamente 20 veces consecutivas acompañado de golpes con martillo de goma 5 golpes por caída, para los postes no se realizó estos ensayos el bordillo debido a que volumen se introduce en un 70% sobre el suelo presenta las mismas propiedades mencionadas anteriormente a caídas y golpes. Los hallazgos obtenidos indican una posible adición de 40% de contenido de AR. para el efecto generado por desprendimiento de material base de su superficie se SUGUERE realizar un baño superficial con un baño por partes iguales de cemento blanco y cemento gris con A/C (0,65).



Imagen N.38. Postes de cerramiento con AR instalados. Serie IV



Imagen N.39. Postes de cerramiento con AR aplicado en la práctica. Serie IV



Imagen N.40. Tope llantas y bordillos con AR. Serie IV

CONCLUSIONES APORTES Y RECOMENDACIONES

Para el concreto con grano grueso también existe esa diferencia de costos entre los diseños de mezcla y continúa siendo el diseño de mezcla de 21MPa, de igual manera aumenta el costo aproximadamente de 3 a 4 veces más que un concreto convencional.

Ahora bien, si se realiza un análisis por otro lado en cuanto al tamaño de grano es claro en los resultados de las tablas que los dos diseños de mezcla con AR grueso son menos costosos, debido a que el grano grueso por tener un proceso menos de trituración es más económico. Quiere decir entonces que a pesar de que el incremento en costos es realmente significativo se podría decir que un concreto con AR grueso y para un concreto de resistencia de 21MPa es la alternativa más económica para la empresa.

En general es claro que el proyecto económicamente no es viable pues el incremento en los costos de materia prima es sustancial y en un mercado tan competitivo no es provechoso tener un producto que en cuanto a características mecánicas no ofrezca un beneficio y que su costo tampoco sea ventajoso.

La resistencia con porcentajes de reemplazo del 10 % no alcanza los niveles requeridos mientras que el concreto con reemplazo del 30% a 28 días cumple con la resistencia necesaria para productos viales, para bloques no se recomienda debido a que el concreto modificado con este AR pierde muy fácilmente la resistencia a la compresión y su valor de resistencias mínimas no presentan fallos en la normas como es el caso de los productos viales. Se recomienda estudiar las propiedades del concreto hasta un reemplazo del 40% para verificar la caída de sus propiedades mecánicas.

Finalmente, luego de culminar la experimentación y el análisis de los resultados de las apreciaciones realizadas para valorar el comportamiento del grano de caucho de llanta reciclada en el concreto, a diferentes niveles de porcentajes de reemplazo y utilizando dos tipos de AR uno grueso y uno fino se puede llegar a las siguientes conclusiones y recomendaciones.

La mezcla con contenido de caucho a utilizar son 7, 8, 9,10 y 11. Los cuales presentan buenos resultados para tope llantas y bordillos, los cuales tope llantas tienen un valor de \$10.000 pesos, bordillos \$40.000 pesos, postes \$20.000 pesos.

No se recomienda uso de caucho en bloques de concreto, debido a la caída de resistencia a compresión aproximadamente 30% de resistencia por 8% de adición.

La adición de 40% en materos y muebles se puede observar un comportamiento físico sin fisuras, superficie lisa con incrustaciones de caucho, liviano, resistente a impactos como golpes suaves y caídas de 60 cm sin afectar su estructura y superficies.

La información técnica sobre la caracterización del material de caucho Como agregado es escasa debido a que la mayoría de proyectos están en desarrollo de investigación y el USO comercial es aun limitado y por ende el conocimiento es restringido. Sin embargo, al realizar la caracterización del material se logra concluir que el AR tiene un comportamiento como agregado ligero en cualquiera de las dos presentaciones de tipo de grano, es decir que se utiliza para reemplazar arena fina mas no, grava ni agregado grueso.

En cuanto a la evaluación del concreto ya modificado con AR se puede observar que todas las propiedades en estado fresco del concreto tuvieron variantes, aun así, estos cambios no representan un inconveniente para la preparación de la mezcla pues sigue conservando los

límites establecidos por las normas y por la experiencia. Por el lado del asentamiento la disminución quiere decir que el AR hace que la mezcla tenga una menor fluidez sin volverla completamente seca y rígida, para el contenido de aire ocurre lo contrario, presenta un aumento que indica que la mezcla tiende a retener más aire, lo que se traduce en poros al pasar al estado endurecido.

En el estado endurecido las propiedades también presentan unas variaciones, estas particularmente son de tendencia hacia la caída, es decir la resistencia y la durabilidad disminuyen y esta disminución se hace más evidente al aumentar el porcentaje de reemplazo de AR independientemente del tipo de grano y de la capacidad de resistencia del diseño de la mezcla. De acuerdo a los resultados, aunque las propiedades disminuyeron, debido al reemplazo en porcentajes relativamente bajos, esta disminución no hace que el producto no pueda ser útil, es decir, el concreto modificado con AR se podría utilizar comercialmente.

La resistencia a la compresión disminuyó significativamente al aumentar el porcentaje de reemplazo en comparación con la mezcla patrón, esto ocurre debido a la baja adherencia que tiene el caucho con la pasta, adicional a esto las propiedades mecánicas de los dos componentes son diferentes ya que el caucho tiende a deformarse bajo efectos de presiones o cargas mientras que la pasta que lo recubre cuando ya ha endurecido tiende a ser rígida. Esto mismo ocurre con el módulo elástico estático propiedad mecánica que puede ser aprovechada para postes de cerramiento.

La permeabilidad al agua del concreto modificado con AR no presenta una variación marcada frente al concreto convencional, es decir el caucho no presenta ningún tipo de efecto impermeabilizante en el concreto. Mientras que la penetración de cloruros sí presenta una leve disminución a medida que incrementa el porcentaje de reemplazo, esto se debe a que el caucho crea una barrera protectora debido a su cualidad de tener una baja reactividad a compuestos como los cloruros.

El concreto con grano de caucho de llanta triturada es una clara alternativa para mitigar el impacto ambiental generado por las llantas desechadas, pues utiliza como materia prima un producto que a pesar de tener numerosas opciones en el reciclaje, hasta el momento sigue siendo un problema ambiental significativo para muchas ciudades en el mundo, sin embargo no le brinda al concreto ningún beneficio en cuanto a sus propiedades mecánicas, por esta razón es un producto que tiene limitaciones comerciales y sigue siendo un gran tema de investigación.

La comparación de costos de concreto convencional con el concreto modificado es claro arrojando resultados negativos, es decir, económicamente el producto no es viable, pues el costo de la arena que es el material que se busca reemplazar es menor al costo del AR. Este es un factor determinante puesto que para ninguna empresa es provechoso ofrecer un producto más costoso, pero sin ofrecer ventajas.

Módulo elástico estático 28 días: Es también conocido como resistencia a la flexión esta propiedad se mide con el ensayo de vigas simples con carga en los tercios medios, los resultados se calculan y reportan como el módulo de rotura y variaran si existen diferencias en el tamaño del espécimen, su preparación, condiciones de humedad, curado, o si la viga ha sido fundida o cortada al tamaño requerido, tal como lo indica la NTC 4025 Método de ensayo. Puede concluir la investigación con valores precisos de saber su viabilidad a postes de cerramiento.

Como recomendaciones para trabajos y proyectos de investigación que se puedan derivar de este proyecto se sugieren las siguientes recomendaciones.

Para futuras investigaciones se recomienda profundizar en los métodos de caracterización del grano de caucho de llanta reciclada, así como también es importante realizar una revisión sobre posibles pre-tratamientos al AR para aumentar su propiedad de adherencia a la pasta del concreto.

Se recomienda realizar mezclas de concreto donde se empleen los dos tipos de AR combinados igualmente en porcentajes bajos de reemplazo, para tener una visión sobre posibles afectaciones en el asentamiento, en el contenido de aire y en la resistencia.

No dejar q en el tiempo de fraguado ni curado los bloques o material presente pérdidas de agua evidenciando secamientos ya que genera fisuras, por ende, en época de invierno se recomienda aplicar agua hasta 6 veces al día en época de verano 2 veces al día.

BIBLIOGRAFÍA

- ANGIE CRISTINA CULMA PIRABÁN, P. N. (2017). *PROYECTO DE INVESTIGACIÓN: CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA, MECÁNICA Y MINERALOGICA DE ARENISCAS UTILIZADAS PARA CONSTRUCCION DE LA ZONA FRANCA DE TOCANCIPÁ, EN LA CANTERA RODEB Y ACOPIOS - SECTOR HATO GRANDE – SOPÓ*. Bogotá D.C: Universidad Santo Tomás.
- ARGO S.A. (s.f.). *Argos 360 En Concreto*. Recuperado el 27 de agosto de 2018, de <https://www.360enconcreto.com/biblioteca>
- BUSTAMANTE, R. M. (s.f.). *Propiedades Térmicas, Acústicas y Mecánicas De Placas De Mortero Caucho-Cemento*. Madrid : Universidad Politécnica De Madrid .
- GONZALO BARLUENGA BADIOLA, D. C. (2007-2008). *Propiedades Del Concreto Conteniendo Neumático de Caucho*. Brasil.
- HUGO ALEJANDRO HERNANDEZ, H. D. (s.f.). *Comportamiento Mecánico De una Mezcla Para Concreto Usando Neumáticos Triturados Como Reemplazo Del 15%,25%,35% Del Volumen Del Agregado Fino Para un Concreto de Uso Estructural*. Bogotá D.C: Universidad Católica de Colombia.
- LÓPEZ, L. G. (2003). *El Concreto y otros Materiales de Construcción*. Manizales : Universidad Nacional De Colombia Sede Manizales.
- NATIONAL READY MIXED CONCRETE ASSOCIATION . (s.f.). *NATIONAL READY MIXED CONCRETE ASSOCIATION* . Recuperado el 15 de Octubre de 2018, de <https://www.nrmca.org/>
- PREFABRICADOS EN CONCRETO DOSOSPINAS. (2018). *Planta De Producción y Prefabricados DosOspinas*. Dosquebradas.
- RAMÍREZ, L. C. (2016). *EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL GRANO DE CAUCHO DE LLANTA RCICLADA EN LA PRODUCCIÓN DE CONCRETO PARA LA EMPRESA CEMENTERA ARGOS*. Bogotá D.C: Fundación Universidad De América .
- RODRÍGUEZ, A. P. (s.f.). *Manual De Prácticas De Laboratorio De Concreto*. Chihuahua: Universidad Autónoma de chihuahua.

